

ПЛАЗМЕННАЯ НАПЛАВКА РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ТОКЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ПОЛЯРНОСТИ

Представлены результаты исследования плазменной наплавки высоколегированной стали и меди на низколегированную сталь при работе плазмотрона на токе прямой и обратной полярности. Установлена зависимость качества наплавленного слоя от полярности тока. Проведено металлографическое исследование полученных образцов.

Ключевые слова: плазматрон, плазменная наплавка, высоколегированная сталь, низколегированная сталь, медь, полярность.

Во многих изделиях применение дорогостоящих материалов со специальными свойствами во всем объеме изделия экономически не целесообразно. Замена монолитных деталей, биметаллическими – актуальная задача на сегодняшний день [1].

Одним из методов нанесения рабочих покрытий является наплавка. При наплавке разнородных материалов стремятся снизить долю участия основного материала в наплавленном слое, что позволяет получить рабочие слои с требуемыми свойствами. Масса наплавленного металла при этом составляет 2–6 % массы самой детали в целом, однако работоспособность такой детали увеличивается в разы, что определяет высокую экономическую эффективность наплавки [2].

В сравнении с другими методами наплавки плазменная наплавка имеет ряд преимуществ: это высокий КПД. процесса, простота технического воплощения, возможность 100 % автоматизации, мобильность оборудования, широкий диапазон регулирования параметров режима наплавки. Плазменная наплавка

обеспечивает минимальное проплавление основного металла и позволяет снизить долю участия основного металла в наплавленном слое [3].

Целью данной работы являлось исследование вариантов плазменной наплавки разнородных материалов при работе плазмотрона на токах прямой и обратной полярности. В настоящей работе представлены результаты наплавки меди М1 и высоколегированной стали 10Х18Н8Т на низколегированную сталь 09Г2С.

Медь обладает такими свойствами, как высокая электро- и теплопроводность, коррозионная стойкость, пластичность. Медь сохраняет прочность и пластичность при температуре до $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$. Все это позволяет использовать медь в различных областях промышленности [4].

К факторам, усложняющих наплавку меди, относятся: 1) значительное сродство жидкой меди к кислороду; 2) большая растворимость газов, особенно водорода, в жидкой меди; 3) высокая тепло- и электропроводность меди; 4) повышенная жидкотекучесть меди; 5) высокий коэффициент линейного расширения меди [5].

Плазменная наплавка производилась на стальную пластину ($\delta = 8\text{ мм}$) медной проволокой М1 плазменной дугой прямой и обратной полярности тока с последовательным наложением параллельных валиков с взаимным перекрытием. Погонная энергия – 27500 Дж/см для обоих случаев наплавки.

Внешний осмотр показывает высокое качество сплавления и отсутствие внешних дефектов. Макро- и микроструктурные исследования наплавленных образцов показали, что при наплавке на токе прямой полярности переходная зона составляет 0,5 мм, наблюдается растворение меди в основном материале и вкраплений основного материала в наплавленном слое, размеры вкраплений не превышают 0,01 мм.

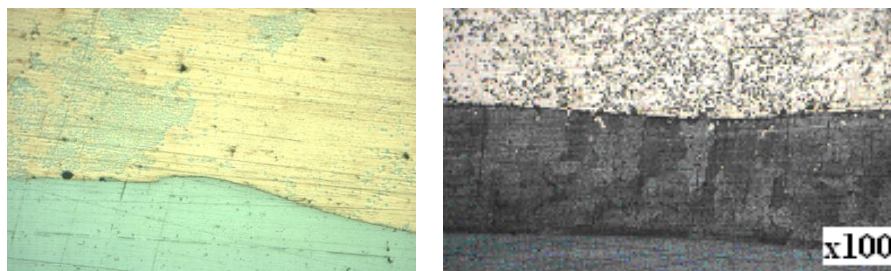


Рис. 1. Макро- и микроструктура наплавленного слоя на токе прямой полярности

При использовании тока обратной полярности наблюдается четкая граница сплавления, размеры переходной зоны составляют 0,05 мм. Обеспечивается структурная однородность металла наплавки в различных микроучастках, наплавленный слой плотный, отсутствуют включения стали, усадочные раковины, поры, кристаллизационные трещины (рис. 2).

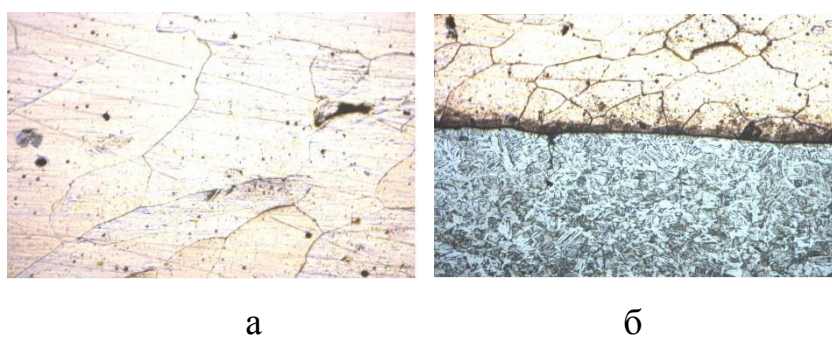


Рис. 2. Микроструктура образца с обозначением характерных участков наплавки (x200):

а – наплавленный слой меди, б – переходная зона

При наплавке аустенитных сталей на стали перлитного класса нужно учитывать следующие факторы: изменение состава наплавленного металла в участках, примыкающих к основному металлу, развитие в зоне сплавления разнородных металлов хрупких кристаллизационных и диффузионных прослоек, наличие остаточных напряжений в соединениях сталей [6].

Плазменную наплавку проволокой 10X18H10T осуществляли при величине погонной энергии 28500 Дж/см дугой прямой и обратной полярности.

Участок наплавленного слоя был разбит на четыре зоны (рис. 3). Микроструктурный анализ представлен на рис. 4, 5.

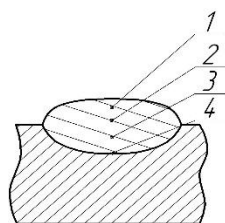


Рис. 3. Характерные зоны наплавленного слоя

При наплавке на токах обратной полярности удается получить благоприятную мелкозернистую структуру. При наплавке образуется четкая граница сплавления, отсутствует перемешивание основного и наплавленного материала. Отсутствует четкая направленность фронта кристаллизации. При наплавке на прямой полярности наблюдается мелкодендритная структура, характерная для стандартной кристаллизации. В зоне термического влияния образуется характерная видманштеттова структура. Ширина зоны сплавления увеличена до 0,5 мм.

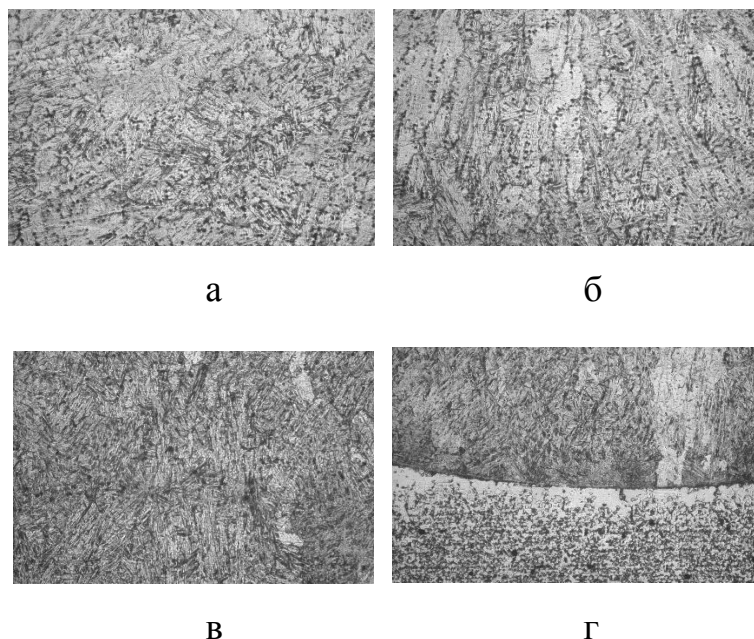


Рис. 4. Микроструктура (X100) наплавленного слоя на токе обратной полярности:

а – участок 1, б – участок 2, в – участок 3, г – участок 4

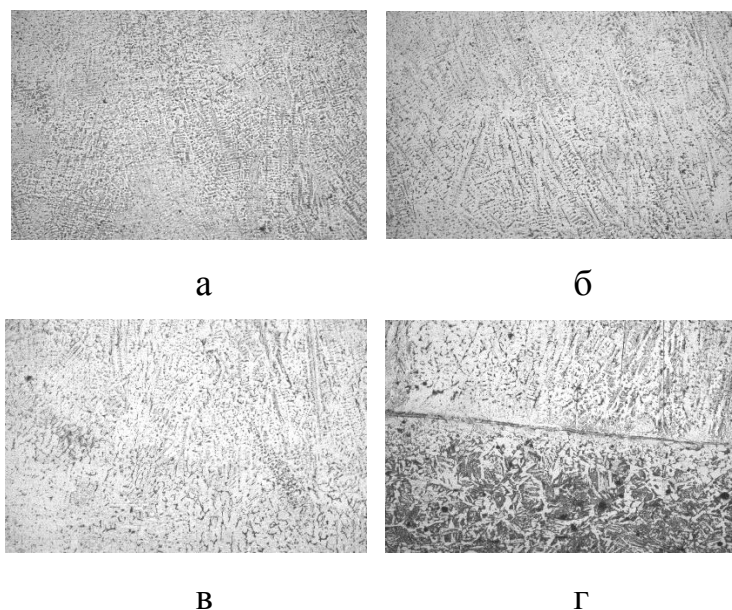


Рис. 5. Микроструктура (X100) наплавленного слоя на токе прямой полярности:
а – участок 1, б – участок 2, в – участок 3, г – участок 4

Выводы

1. Плазменная наплавка меди и высоколегированной стали на прямой и обратной полярностях обеспечивает получение слоев без дефектов.
2. При наплавке на обратной полярности размеры переходной зоны значительно снижаются по сравнению с наплавкой на прямой полярности.
3. При использовании тока обратной полярности при плазменной наплавке обеспечивается мелкозернистая структура с меньшим ориентированием по сравнению с наплавкой на токе прямой полярности.
4. При использовании тока обратной полярности ширина наплавленного валика за один проход в 1,5 раза больше по сравнению с наплавкой на токе прямой полярности на одинаковых погонных энергиях.

Работа выполнена в рамках проектной части гос. задания №11.1196.2014/К при поддержке Министерства образования и науки РФ.

Литература

1. Абрамович В. Р., Демянцевич В. П., Ефимов Л. А. Сварка плавлением меди и сплавов на их основе. Л.: Машиностроение; Ленингр. отд., 1988. 215 с.
2. Сидоров В. П. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. М.: Машиностроение, 1980. 190 с.
3. Щицын Ю. Д., Косолапов О. А., Щицын В. Ю. Возможности плазменной обработки металлов током обратной полярности // Сварка. Диагностика. 2009. № 2. С. 42–45.
4. Плазменная наплавка меди на сталь на токе обратной полярности / С. Д. Неулыбин, Ю. Д. Щицын, П. С. Кучев, И. А. Гилев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 16. № 1 (2). 2014. С. 468–471.
5. Готальский Ю. Н. Сварка разнородных сталей. Киев: Техніка, 1981. 184 с.
6. Сварка разнородных металлов и сплавов / В. Р. Рябов, Д. М. Рабкин, Р. С. Курочко, Л. Г. Стрижевская. М.: Машиностроение, 1984. 239 с.